

UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

1934-1935. — N° 260

RECHERCHES SUR LE POUVOIR RÉDUCTEUR
DES
LIQUIDES DU MILIEU INTÉRIEUR
DE QUELQUES INVERTÉBRÉS MARINS

(Travail du Laboratoire de Chimie biologique et médicale)

THÈSE POUR LE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ

Mention « PHARMACIE »

présentée et soutenue publiquement le Lundi 29 Juillet 1935

PAR

Jean-Georges BERTHOUMEYROUX

Pharmacien

Né à BERGERAC (Dordogne), le 7 Janvier 1908.

	MM. DELAUNAY, professeur.....	Président.
Examineurs de la Thèse	CHELLE, professeur.....	Juges.
	LABAT, professeur.....	
	VITTE, agrégé.....	

BORDEAUX

IMPRIMERIE-LIBRAIRIE DE L'UNIVERSITÉ

Y. CADORET, DELMAS, SUCCESEUR

6, Place Saint-Christoly

1935

UNIVERSITÉ DE BORDEAUX
FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

1934-1935. — N° 260

RECHERCHES SUR LE POUVOIR RÉDUCTEUR
DES
LIQUIDES DU MILIEU INTÉRIEUR
DE QUELQUES INVERTÉBRÉS MARINS

(Travail du Laboratoire de Chimie biologique et médicale)

THÈSE POUR LE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ

Mention « PHARMACIE »

présentée et soutenue publiquement le Lundi 29 Juillet 1935

PAR

Jean-Georges BERTHOUMEYROUX

Pharmacien

Né à BERGERAC (Dordogne), le 7 Janvier 1908.

Examinateurs de la Thèse

MM. DELAUNAY, professeur.....

CHELLE, professeur.....

LABAT, professeur.....

VITTE, agrégé.....

Président.

Juges.



BORDEAUX

IMPRIMERIE-LIBRAIRIE DE L'UNIVERSITÉ

Y. CADORET, DELMAS, SUCESSEUR

6, Place Saint-Christoly

—
1935

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE BORDEAUX

DOYEN : M. MAURIAC.

ASSESSEUR : M. LABÂT.

DOYEN HONORAIRE : M. C. SIGALAS.

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. POUSSE, MOURE, RIVIÈRE, BARTHE, DENIGÈS, BEILLE,
CASSAËT, CHAVANNAZ, PACHON

PROFESSEURS

	MM.		MM.
Clinique médicale.	MAURIAC.	Zoologie et parasitologie.	MANDOUL.
id.	DUPÉRIÉ.	Médecine expérimentale.	AUBERTIN.
Clinique chirurgicale.	BÉGOUIN.	Clinique ophtalmologique.	TEULIÈRES.
Clinique chirurgicale et gynécologique.	GUYOT.	Clinique chirurg. infantile et orthopédie.	ROCHER.
Pathologie et thérapeutique générales.	CARLES.	Clinique méd. des maladies des enfants.	CRUCHET.
Clinique d'accouchements.	ANDÉRODIAS.	Chimie biologique et médicale.	DELAUNAY.
Anatomie pathol. et microscopie clinique.	SABRAZÈS.	Physique médicale et pharmaceutique.	C. SIGALAS.
Anatomie.	VILLEMIN.	Médec. coloniale et clin. des mal. exotiques.	BONNIN.
Anatomie générale et histologie.	G. DUBREUIL.	Clinique des malad. cutanées et syphilitiques.	PETGES.
Hygiène.	LEURET.	Clinique des maladies des voies urinaires.	DUVERGEY.
Médecine légale et déontologie.	LANDE.	Clinique des malad. nerveuses et mentales.	ABADIE.
Electroradiologie et clin. d'électricité médic.	RÉCHOU.	Clinique d'oto-rhino-laryngologie.	PORTMANN.
Chimie.	CHELLE.	Toxicologie et hygiène appliquée.	LABAT.
Botanique et matière médicale.	GOLSE.	Hydrologie thérapeutique et climatologie.	GREYX.
Pharmacie.	DUPOUY.	Clinique dentaire.	N.

MM. LACOSTE (Histologie). PERY (Obstétrique). PERRENS (Maladies mentales). PAPIN (Chirurgie générale).
R. SIGALAS (Parasitologie et sciences naturelles). JEANNENEY (Chirurgie générale).

AGRÉGÉS EN EXERCICE :

	MM.		MM.
Anatomie.	DUBECQ.	Chirurgie générale.	CHARRIER.
id.	DUFOUR.	id.	LOUBAT.
Physiologie.	FABRE.	Obstétrique.	RIVIÈRE.
Médecine générale.	DAMADE.	Ophtalmologie.	BEAUVIEUX.
id.	PIÉCHAUD.	Oto-rhino-laryngologie.	DESPOIS.
id.	DELMAS-MARSALET.	Dermatologie et syphiligraphie.	JOULIA.
id.	DE GRAILLY.	Physique médicale.	WANGERMEZ.
id.	FONTAN.	Chimie générale pharmaceut. et toxicologie.	VITTE.

COURS COMPLÉMENTAIRES

	MM.		MM.
Physiologie.	FABRE.	Puériculture.	FAUGÈRE.
Médecine opératoire.	PAPIN.	Pharmacie chimique.	VITTE.
Accouchements.	PERY.	Zoologie et parasitologie.	R. SIGALAS.
Pathologie médicale.	DELMAS-MARSALET.	Botanique.	GIRARD.

Ophtalmologie. MM. CABANNES (en congé).
Orthopédie chez l'adulte, pour les accidentés du travail, les mutilés de guerre et les infirmes. N.

Le Secrétaire de la Faculté : ROUGERIE.

Par délibération du 5 août 1879, la Faculté a arrêté que les opinions émises dans les Thèses qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle entend ne leur donner ni approbation ni improbation.

A MES PARENTS

A MES AMIS

A MES MAITRES DE LA FACULTE DE MEDECINE
ET DE PHARMACIE DE BORDEAUX

A MON PRESIDENT DE THESE

MONSIEUR LE PROFESSEUR H. DELAUNAY

*Professeur de chimie biologique et médicale
à la Faculté de Médecine,
Docteur ès sciences naturelles,
Membre correspondant de la Société de biologie,
Chevalier de la Légion d'honneur,
Croix de guerre,
Officier de l'Instruction publique.*

Faible témoignage de ma profonde
gratitude pour l'accueil que vous m'avez
réservé et pour vos bienveillants con-
seils.

RECHERCHES SUR LE POUVOIR RÉDUCTEUR
DES
LIQUIDES DU MILIEU INTÉRIEUR
DE QUELQUES INVERTÉBRÉS MARINS

INTRODUCTION

La présence de glucides dans l'organisme animal est générale.

Depuis les Protozoaires jusqu'à l'Homme, c'est-à-dire tout le long de l'échelle animale, leur représentant le plus important est, pour les cellules, le glycogène; et pour les liquides du milieu intérieur, le glucose. Chez l'Homme et chez beaucoup de Mammifères, le taux du sucre libre du sang oscille normalement entre 80 et 120 mg. pour 100 cm³. Les données chimiques relatives au taux du glucose dans les liquides du milieu intérieur des Invertébrés sont beaucoup plus rares, et l'on ne sait encore exactement dans quelle mesure le glucose en circulation participe au métabolisme.

En vue d'apporter une contribution à l'étude de la glycémie dans la série animale, nous avons étudié le pouvoir réducteur des liquides du milieu intérieur des Invertébrés marins. Au point de vue biologique, cette étude ne manque pas d'intérêt, car elle est capable de donner des renseignements précieux sur le rôle physiologique du glucose en circu-

lation. Il est évident, en effet, que si le glucose représente, comme certains l'admettent, le combustible universel de la vie cellulaire, le « fuel of life », suivant l'expression de MACLEOD, sa présence doit être constante dans les liquides du milieu intérieur, dans le liquide cavitaires des Invertébrés comme dans le sang des Vertébrés.

Peu d'observations avaient été faites lorsque nous avons commencé nos recherches (avril 1932) et nous n'avons pu trouver alors qu'un petit nombre de références. Ces documents sont d'ailleurs difficiles à comparer entre eux, par suite de la variabilité des techniques utilisées par les auteurs; ils ne sont pas, en outre, toujours concordants.

Ayant mis au point une microméthode précise et simple de dosage du glucose dans l'eau de mer, nous avons surtout cherché, dans ce travail, à préciser la glycémie moyenne et les glycémies limites chez un grand nombre d'espèces d'Invertébrés marins. Nos prélèvements ont été faits au Laboratoire de la Station biologique d'Arcachon, et nous remercions vivement M. le Professeur R. SIGALAS d'avoir mis à notre disposition les ressources de la Station dont il est Directeur. Les animaux, bien vivants, ont été saignés immédiatement après leur capture ou après quelque temps de séjour dans les bassins; les liquides cavitaires ou le sang ont été immédiatement fluorés et placés sous toluène; les dosages ont été pratiqués à Bordeaux dès le retour au Laboratoire, toujours après vérification des méthodes et utilisation de témoins.

Cette étude générale, inspirée par M. le Professeur H. DELAUNAY et poursuivie sous sa direction, nous a permis non seulement d'établir une méthode précise et simple de dosage du glucose dans l'eau de mer et les liquides cavitaires, mais encore de montrer que les liquides du milieu intérieur des Invertébrés marins possèdent un pouvoir réducteur réel dont on peut entreprendre l'étude biologique.

L'exposé de notre travail a été fait d'après le plan suivant :

Le chapitre I comprend un aperçu historique de notre sujet.

Dans le chapitre II, on trouvera la liste des animaux étudiés, le mode de prélèvement du sang et des liquides du milieu intérieur et l'exposé des microméthodes de dosage du glucose.

Le chapitre III est consacré à une étude critique du dosage du glucose dans l'eau de mer et à l'exposé des résultats obtenus par notre méthode personnelle.

Dans le chapitre IV, nous exposons le résultat des travaux antérieurs aux nôtres, pour chaque espèce animale, ainsi que nos résultats personnels.

Dans un dernier chapitre, « Conclusions », nous avons cherché à dégager de nos recherches leur signification au point de vue biologique.

Enfin, on trouvera à la fin de ce dernier chapitre une bibliographie aussi complète que possible de la question.

CHAPITRE PREMIER

APERÇU HISTORIQUE

L'étude du taux de glucose dans le sang a retenu l'attention de nombreux chercheurs, tant est importante, aussi bien au point de vue physiologique que biologique, la connaissance de l'évolution des glucides dans l'organisme animal, qu'il s'agisse de Vertébrés ou d'Invertébrés.

Mais pour les Invertébrés le nombre des travaux parus est relativement peu considérable.

Nos recherches bibliographiques nous ont permis de rassembler les connaissances actuelles sur la glycémie des êtres inférieurs. P. PICARD (1874), au cours d'observations sur le glycogène chez un certain nombre d'Invertébrés inférieurs, n'a pas trouvé de glucose libre dans le sang de ces êtres. Il est probable que l'imperfection des méthodes de dosage, et en particulier leur manque de sensibilité, explique les résultats négatifs obtenus par cet auteur.

JOLYET et REGNARD ont donné un chiffre précis pour la glycémie du Crabe tourteau : 5 mg. p. 100 cm³.

A. BERRY et J. GIAJA (1909) ont fait d'intéressantes recherches sur le sang du Poulpe (*Octopus vulgaris*). Opérant sur 160 cm³ de sang provenant de 35 Poulpes, et dosant le glucose par la méthode de BERTRAND, ils ont trouvé une glycémie moyenne de 32 mg. p. 100 cm³.

Avec R. S. LANG et J. J. R. MACLEOD (1920) commence une série importante de recherches sur les substances réductrices

des liquides du milieu intérieur de quelques Invertébrés. Ces auteurs ont utilisé deux méthodes : 1° la méthode à l'acide picrique de LEWIS-BENEDICT, modifiée par MYERS-BAILEY, qui, dans le temps de la déprotéinisation, a l'inconvénient de laisser passer des substances réductrices non glucidiques; 2° la méthode de réduction de G. BERTRAND après désalbumination par le fer colloïdal.

Ils ont d'abord constaté que les liquides du milieu intérieur des animaux marins renferment, en général, beaucoup moins de substances réductrices que ceux des homéothermes. Pour un Echinoderme (Starfish), le liquide coelomique a été évaporé au bain-marie en réaction faiblement acide jusqu'à réduction à un faible volume. Le résidu a été repris plusieurs fois par l'alcool absolu, puis mis en solution aqueuse et examiné avec la méthode de BERTRAND. Aucune réduction ne s'est produite. A la suite de ce résultat négatif, il ne fut pas fait d'autres recherches sur les Echinodermes. Chez le petit Crabe (*Cancer productus*), les auteurs ont pu identifier le glucose par son osazone et fixer à 40 mg. p. 100 cm³ sa glycémie moyenne en utilisant la méthode de dosage à l'acide picrique en milieu alcalin.

Pour une autre espèce de Crabe capturé à Saint-Andrews, dans le New-Brunswick, ils ont trouvé une glycémie plus élevée, mais les auteurs n'ont pas, dans ce cas, identifié le glucose. Des résultats tout à fait différents ont été obtenus pour le sang de *Homarus americanus*, qui ne donne pas de réduction avec l'acide picrique. Dans deux cas seulement où le liquide examiné était abondant, les auteurs ont signalé la présence des substances réductrices après désalbumination au fer colloïdal et dosage du pouvoir réducteur selon G. BERTRAND. Ils n'ont pas recherché si l'absence de sucre chez le Homard était due au jeûne prolongé ou s'il s'agissait d'un caractère de l'espèce.

Dans une revue sur le sucre du sang parue en 1920 dans les *Physiological Reviews*, MACLEOD a souligné l'importance de la glycémie chez les Crabs.

Chez *Cancer productus*, la glycémie oscille entre 40 et 80 mg. p. 100 cm³, et chez *Cancer irrotatus*, autour de 70 mg., chiffres légèrement inférieurs à la glycémie moyenne de nom-

breux Vertébrés. MACLEOD a suggéré, en outre, que l'absence de sucre dans le sang des Invertébrés marins pourrait être due à une glycolyse très rapide. Quant à la nature des substances réductrices du sang, il s'agirait bien, pour le Crabe, de glucose (identification par la réaction des osazones), mais, vu que certains Mollusques s'alimentent avec des végétaux riches en pentosanes, il est possible que dans ces cas la réduction soit due à des pentoses. Signalons toutefois que, sauf pour l'Aplysie, la présence de glycogène dans l'hétopancréas et le foie des Invertébrés est très générale, d'après les recherches récentes de Mlle CHAIGNE.

D'après R. G. MYERS (1920), le sang des Invertébrés contient beaucoup de sucre. Voici quelques chiffres, exprimés en mg. de glucose p. 100 cm³, donnés par cet auteur :

Oursin (<i>Strongylocentrotus francescanus</i>)	61
Crabe (<i>Cancer productus</i>)	90
<i>Saxidomus nuttalli</i>	77
<i>Schizotherus nuttalli</i>	74
<i>Haliotis rufescens</i>	61

MORGULIS a étudié les corps azotés non protéiques et le glucose du sang de plusieurs Crustacés. Il a signalé que le glucose se trouve en quantité très variable suivant l'état de la nutrition, sauf pour le Homard.

Voici d'ailleurs le tableau de ses analyses :

ANIMAL	GLUCOSE en mg. p. 100 cm ³ de sang	OBSERVATIONS
	26	
<i>Lobster homarus</i>	20	
	19	
	20	
	43	Pêché de frais.
	25	— —
<i>Spider-crab</i>	27	— —
<i>Labinia</i> (Crabe araignée)	29	— —
	26	— —
	43	Capturé depuis plusieurs
	43	jours.
	182	Fraichement capturés.
	64,5	
	41,5	Utilisé le jour de leur arri-
		vée.
<i>Blue Crab</i> (Callinectes)	17,5	
	9,5	1 jour en aquarium.
	18	
	12,5	2 jours en aquarium.
	13,8	
	34	Récemment capturé.
	22,5	1 jour en aquarium.
<i>Limulus</i>	12,5	2 jours en aquarium.
	5	Après plusieurs jours en
	7,5	aquarium.

Ces résultats ont suggéré à l'auteur que chez les Arthropodes il y a diverses étapes dans le développement du mécanisme régulateur de la composition du sang et que l'état de la nutrition influe beaucoup sur la composition du sang. Dans une autre étude du sang d'un autre Crustacé (*Palinurus argus*) qui peut être saigné plusieurs fois, MORGULIS a étudié sur le même animal l'influence de l'état de la nutrition sur la composition du sang au point de vue glycémie et azote non protéique, et a fait d'intéressantes observations.

C'est ainsi que, aussitôt après sa capture, la glycémie atteint 71 mg. p. 100 cm³, qu'elle tombe vingt-quatre heures

après à 18 mg., pour passer finalement à 13 mg. p. 100 cm³ après quarante-quatre heures.

On voit, par ces variations, toute l'importance qu'il y a à effectuer les dosages immédiatement après les captures si on ne veut pas s'exposer à observer des chiffres trop bas.

L'injection d'une solution de glucose dissous dans l'eau de mer (400 à 800 mg.) provoque une forte hyperglycémie qui atteint son maximum (155 à 175 mg.) après deux heures. Le retour au niveau normal demande huit à douze heures. L'injection d'une solution de saccharose (400 à 500 mg.) augmente aussi le sucre réducteur du sang, mais celui-ci ne revient à son niveau initial qu'après vingt-trois heures. Le sang contient encore à ce moment du sucre hydrolysable (8 mg. pour 100 cm³).

A. M. HEMMINGSEN a étudié spécialement le sucre du sang de l'Ecrevisse (Cray-fish). Le taux a varié entre 2 et 39 mg. p. 100 cm³, suivant l'état de nutrition de l'animal. Un animal à jeun dont la glycémie était basse (2 mg.) a été alimenté. Une heure après l'alimentation, le taux du sucre sanguin s'est élevé à 28 mg., puis s'est abaissé à 9 mg. trois heures après. L'auteur a fait quelques essais à l'aide de la méthode de fermentation modifiée par EGE pour savoir si le pouvoir réducteur du sang est bien dû au glucose, mais les résultats obtenus ont été difficiles à interpréter. En vue d'étudier la régulation de la glycémie, il a injecté une solution de glucose qui a élevé le niveau glycémique jusqu'à 280 mg. p. 100 cm³ (alors que le niveau le plus élevé pour l'animal en digestion ne dépasse pas 42 mg.); il a établi la courbe glycémique pendant huit heures. Le glucose n'a pas été retrouvé dans l'eau où vivait l'animal, il ne semble pas, d'autre part, que la disparition du sucre ait eu pour cause sa combustion. L'examen de la courbe laisse supposer que le taux glycémique tend à rester constant vers 17 mg., mais la régulation n'est en rien comparable à celle qui existe pour les Vertébrés. En outre, l'insuline ne fait pas baisser la glycémie et ne provoque pas de crampes.

A. DAMBOVICEANU (1926) a étudié certains constituants du plasma de Siponcle au cours de l'immunisation; il n'a pas trouvé de sucre réducteur.

KISH, STOTT, ORR, ont étudié la glycémie des Invertébrés à l'aide des nouvelles méthodes microchimiques de dosage. ORR a utilisé la microméthode de MAC LEAN, il a donné comme valeur de la glycémie pour *Cancer pagurus* 30 mg. à 60 mg. p. 100 cm³; pour *Homarus vulgaris*, 50 mg. chez l'animal cinq heures après la mue, et seulement des traces chez l'animal à carapace dure.

Mme COURTOIS-DRILHON (1933), qui a étudié la glycémie d'un Crustacé (*Maja*) en rapport avec la mue, a signalé une forte teneur en glucose du sang au moment de la mue et sa disparition presque complète par la suite.

KISH (1929), à l'aide de la microméthode de HAGEDORN et JENSEN, a trouvé : pour *Carcinus moenas*, 12 mg. à 50 mg. pour 100 cm³ chez l'animal récemment capturé et seulement 1 à 10 mg. p. 100 cm³ chez l'animal à jeun depuis huit jours; pour le Siponcle, 10 et 20 mg. p. 100 cm³; pour *Aplysia*, 2 à 7 mg. (moyenne 4 mg. pour 100 cm³) en digestion et 0 mg. à jeun.

STOTT (1932) a signalé des variations énormes de la glycémie chez les Crustacés décapodes; 5 espèces ont été étudiées à l'aide de la méthode de MAC LEAN modifiée par DE WESSELOW. Chez les animaux à jeun (au moins trente heures en aquarium), le taux du sucre a été trouvé très bas, alors que, après alimentation, il s'élève beaucoup.

Voici les chiffres limites donnés par cet auteur (exprimés en mg. de glucose p. 100 cm³) :

<i>Carcinus moenas</i>	{	à jeun, 5 à 8 mg. (14 dosages).
		alimenté, 10 à 69 mg. (le plus souvent, 17 à 30 mg.).
		privé d'oxygène, 42 mg.
<i>Cancer pagurus</i>	{	à jeun, 4 à 5 mg.
		privé d'oxygène, 10 à 37 mg.
		alimenté, 18 à 29 mg.
<i>Portunus depurator</i> : à jeun, 10 à 12 mg.		
<i>Hyas araneus</i> : à jeun, 4 mg.		

STOTT a, en outre, observé qu'aussitôt après la mue, la glycémie est élevée et qu'elle baisse ensuite rapidement. Le taux du sucre du sang d'un Homard qui avait perdu sa carapace pendant la nuit s'élevait à 41 mg.; quatre jours après,

il s'abaissait à 5 mg. Le sang d'un autre animal à carapace dure, ayant des œufs, était de 21 mg. La dilution du sang de l'animal qui vient de muer peut expliquer dans une certaine mesure la chute de la glycémie.

Z. GRUZEWSKA (1932) n'a pas trouvé de sucre libre décelable au Fehling dans le sang de 5 espèces de Crabes étudiées (Langouste, Homard, Araignée, Crabe vulgaire, Tourteau).

De l'ensemble de ces recherches quelque peu contradictoires, il se dégage cependant que le taux de sucre sanguin varie beaucoup avec l'état de nutrition de l'animal, qu'il est indispensable de faire le dosage sur du sang prélevé aussitôt après la capture et de suivre aussi exactement que possible les variations de la glycémie en rapport avec l'état physiologique (mue, ovulation, etc.).

Il est probable que les chiffres disparates obtenus par les auteurs s'expliquent, au moins en partie, par la variété des méthodes chimiques utilisées, dont ils n'ont pas pris soin de vérifier l'exactitude dans leur application aux liquides marins, et aussi par les différences dans l'état physiologique des animaux.

Sur les conseils de notre Maître, M. le Professeur DELAUNAY, nous avons eu pour but, tout d'abord, de mettre au point une méthode sûre et simple, permettant de doser de très petites quantités de glucose (0 mg. 1) dans un assez grand volume (10 cm³) d'eau de mer. Grâce à cette méthode, nous avons pu ensuite déterminer avec précision le pouvoir réducteur des liquides du milieu intérieur des Invertébrés marins tels que *Asterias rubens*, *Aplysia*, *Sipunculus*, *Maja*, etc., dont la composition minérale est, comme on sait, très voisine de l'eau de mer.

Nous n'avons pas recherché systématiquement si le pouvoir réducteur ainsi déterminé était dû au glucose. Les quelques essais que nous avons faits dans cette direction ont été très pénibles et peu concluants. Aussi, nous nous sommes borné à fixer les chiffres limites du pouvoir réducteur (exprimé en glucose) pour un grand nombre d'Invertébrés, qui, le plus souvent, ont été sacrifiés peu de temps après avoir été capturés.

CHAPITRE II

TECHNIQUE

I. — *Animaux étudiés.*

Nous avons choisi de préférence des animaux appartenant à des espèces communes, afin de pouvoir faire de nombreux dosages à la même époque et à diverses périodes de l'année, en vue de déterminer, le cas échéant, les variations saisonnières.

Les animaux étudiés appartiennent à des espèces marines dont le genre de vie et l'alimentation sont très différents.

Les uns sont essentiellement carnivores (Astérie, Seiche), d'autres herbivores (Aplysie), d'autres se nourrissent de matériaux nutritifs contenus dans le sable, la terre et la vase (Holothurie, Siponcle, Arénicole), d'autres, enfin, comme les Lamellibranches, trouvent leur alimentation dans les matières en suspension dans l'eau de mer.

Les animaux marins étudiés ont été tous capturés dans le Bassin d'Arcachon. La proximité de la Station biologique d'Arcachon nous a été, à ce sujet, d'un très grand secours.

Les diverses espèces que nous avons étudiées sont les suivantes :

1° ECHINODERMES :

Asterias rubens L.;
Paracentrotus lividus Lamarck;
Holothuria tubulosa Gmelin.

2° VERS :

Arenicola piscatorum;
Sipunculus nudus L.

3° CRUSTACÉS :

Carcinus moenas;
Maja squinado Rond;
Cancer pagurus.

4° MOLLUSQUES :

- a) Lamellibranches :
Gryphæa angulata Lamarck;
Ostrea edulis.
- b) Céphalopodes :
Sepia officinalis et filliouri;
Octopus vulgaris.
- c) Gastéropodes :
Aplysia punctata et fasciata.

II. — *Récolte des matériaux d'étude.*

Nous avons déjà attiré l'attention sur les précautions à prendre pour éviter les causes d'erreurs susceptibles de fausser les résultats, en particulier sur la nécessité de recueillir le sang d'animaux bien vivants, venant d'être pêchés, et de tenir compte de la durée du jeûne lorsque les animaux ont dû être conservés dans les bassins de l'Aquarium. Les animaux doivent, en outre, être saignés rapidement pour éviter l'asphyxie. Tous nos prélèvements sur les Invertébrés marins ont été effectués à Arcachon; les liquides ont été aussitôt fluorés à dose convenable et placés sous toluène. Dès le retour au Laboratoire de Bordeaux, nous avons procédé à la désalbumination et pratiqué les dosages comparativement à des témoins. Ces témoins étaient constitués par une solution de glucose dans l'eau de mer, d'une part, et l'eau distillée, d'autre part, dont le titre était connu et voisin de la glycémie à déterminer.

ECHINODERMES.

Asterias rubens. — L'animal est séché rapidement à l'aide de feuilles de papier-filtre; on le place verticalement

au-dessus d'un verre à pied, on sectionne l'extrémité de deux bras, le liquide cavitare s'écoule et est aussitôt fluoré et toluéné.

Paracentrotus lividus. — L'animal étant renversé, sectionner à l'aide de ciseaux fins la membrane péribuccale, placer l'animal en position ventrale dans un verre à pied, le liquide cavitare s'écoule.

VERS.

Arenicola piscatorum. — L'animal, étant séché, est placé verticalement tête en bas, au-dessus d'un verre à pied; on ouvre délicatement à l'aide de fins ciseaux mousses la paroi du corps dans la région céphalique, en évitant de léser les vaisseaux sanguins. Le liquide coelomique rosé qui s'écoule est reçu dans le verre à pied et fluoré.

Sipunculus nudus. — Les Siponcles retirés du sable, bien lavés sous le robinet d'eau de mer, séchés, sont opérés comme l'Arénicole; il faut éviter de léser l'intestin.

CRUSTACÉS.

Égoutter l'animal, le sécher, sectionner une patte, qui, le plus souvent, se détache par autotomie. Une petite canule en verre est introduite à travers le sphincter, l'animal est placé en position verticale et le sang s'écoule dans un verre à pied contenant du fluorure de sodium. Le liquide qu'on peut ainsi retirer est très abondant pour les gros Crustacés (*Maja*, *Cancer pagurus*).

MOLLUSQUES.

Lamellibranches. — Les coquilles sont d'abord légèrement entrouvertes et l'animal est égoutté. On ouvre ensuite complètement les coquilles comme pour la consommation; le muscle adducteur se trouve ainsi rompu; on essuie rapidement le corps de l'animal et l'intérieur de la coquille, sans trop dessécher toutefois les branchies (qu'on peut simplement égoutter en soulevant une à une les lames).

On pratique alors des sections au scalpel dans le muscle

adducteur; l'hémolymph blanchâtre coule lentement dans la coquille; il suffit de la recueillir à la pipette. La méthode est la même pour *Ostrea edulis* et pour *Gryphoe angulata*.

Céphalopodes. — Les Seiches ont été pêchées au chalut et sacrifiées immédiatement après leur capture sur le bateau de pêche. L'animal est placé sur sa face dorsale; on obture tout d'abord l'orifice de la poche du noir à l'aide d'une pince à forcipressure. Le manteau est largement sectionné sur la ligne médiane pour mettre à nu les organes viscéraux, qu'il ne faut pas léser. Après avoir bien essuyé la cavité palléale, on sectionne les vaisseaux branchiaux à la base des branchies avec des ciseaux fins. Le sang qui s'écoule dans la cavité formant godet est recueilli par aspiration à l'aide d'un tube aspirateur du genre compte-gouttes.

Le sang du Poulpe (*Octopus vulgaris*) a été recueilli suivant la méthode indiquée par L. FREDERICQ : immobilisation de l'animal, mise à nu de l'aorte dorsale, introduction d'une canule dans le bout central, etc.

III. — *Recherches chimiques.*

Pour doser le sucre contenu dans les liquides cavitaires des Invertébrés inférieurs, il est indispensable d'avoir en main une très bonne microméthode capable de donner des valeurs absolues correctes et des résultats toujours comparables entre eux.

Nous avons essayé plusieurs méthodes; nous les avons vérifiées, et nous avons, en définitive, utilisé le plus souvent la méthode de HAGEDORN-JENSEN. Quelques recherches ont aussi été faites à l'aide des méthodes de BAUDOUIN-LEWIN et de G. BERTRAND, adaptées au microdosage par MICHAELIS. Ces méthodes étant bien connues, il nous suffira de les décrire rapidement.

Méthode de Hagedorn et Jensen.

Cette méthode est basée sur l'action réductrice des sucres, qui, à chaud et en milieu alcalin, fixent de l'oxygène et

transforment une solution de ferricyanure de potassium en ferrocyanure de potassium :

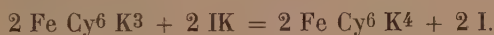


On dose le ferricyanure non transformé par la méthode iodométrique et on en déduit la quantité de sucre entrée en réaction.

TECHNIQUE. — Le sang dans lequel on désire doser le sucre est d'abord désalbuminé. Dans ce but, on place dans un gros tube à essais 1 cm³ de solution décinormale d'hydroxyde de sodium, 5 cm³ d'une solution de sulfate de zinc à 45 p. 100 diluée au centième au moment de l'emploi, 0 cm³ 1 de sang (Mammifères) prélevé au moyen d'un micropipette. On maintient le tout quatre à cinq minutes au bain-marie; on filtre; on ajoute au filtrat 2 cm³ d'une solution préparée comme suit :

Ferricyanure de K pur.....	1 g. 65
Carbonate de sodium pur et anhydre.....	10 g. 6
Eau	q. s. p. 1.000 cm ³

On chauffe le tout au bain-marie quinze minutes, puis on refroidit. On dose le ferricyanure non transformé en ajoutant 3 cm³ de la solution I et 2 cm³ de la solution II. L'iode se dégage en quantité correspondante au ferricyanure restant, suivant l'équation :



On titre l'iode en liberté au moyen d'une solution de thio-sulfate N/200. HAGEDORN et JENSEN ont dressé des tables sur lesquelles on peut lire directement la quantité de sucre contenu dans 0 cm³ 1 de sang, en fonction de la quantité de thiosulfate utilisée.

Solution I :

Iodure de potassium.....	5 g.
Sulfate de zinc.....	10 g.
Chlorure de sodium.....	50 g.
Eau	q. s. p. 200 cm ³

Solution II :

Acide acétique cristallisé	3 cm ³
Eau	q. s. p. 100 cm ³

Au cours de chaque dosage, il faut naturellement déduire l'autoréduction du ferricyanure N/200, c'est-à-dire les X/100^e de centimètre cube de thiosulfate N/200 que l'on n'a pas à verser lors de la vérification du pouvoir oxydant des 2 cm³ de la solution de ferricyanure N/200 témoin.

Vu la faible teneur en sucre réducteur des liquides cavitaires et du sang des Invertébrés, la prise d'essai de 0,1 cm³ recommandée pour le dosage de la glycémie de l'Homme et des Mammifères est trop faible, et nous avons opéré le plus souvent sur une prise 10 fois plus considérable, c'est-à-dire sur 1 cm³. A condition d'opérer sur des liquides préalablement fluorés à dose convenable, comme nous le verrons plus loin, la méthode s'applique exactement. Il faut, bien entendu, tenir compte, dans le calcul, de la prise d'essai.

Microméthode de Bertrand-Michaelis.

Solutions nécessaires :

1° Solution alcaline :

Sel de Seignette.....	200 g.
Soude caustique en plaques.....	150 g.
H ² O	q. s. p. 4 l.

2° Solution cuirrique :

SO ⁴ Cu	40 g.
H ² O	q. s. p. 4 l.

3° Solution de sulfate ferrique :

(SO ⁴) ³ Fe ² pur	50 g.
SO ⁴ H ²	200 cm ³
H ² O distillée	q. s. p. 1.000 cm ³

La liqueur ferrique ne doit pas réduire le permanganate.

Pour s'en assurer, il suffit d'ajouter avec précaution à cette liqueur de la solution permanganique. II à III gouttes de

celle-ci doivent suffire pour faire apparaître un changement de coloration, sinon on ajouterait du permanganate en quantité suffisante pour l'obtenir. La liqueur ferrique sera alors bonne pour l'emploi. Au moment du dosage, on mettra dans un tube témoin une quantité de sulfate ferrique égale à celle qui a été utilisée pour dissoudre l'oxydure et on retranchera du nombre de centimètres cubes de permanganate trouvés le nombre de $1/10$ de cm^3 qui a été nécessaire au virage au rose du témoin.

La liqueur permanganique N/100 a été préparée par dilution au $1/10^e$, au moment de l'emploi, d'une solution N/10 qui a été vérifiée avec une solution exacte d'acide oxalique ou d'oxalate d'ammoniaque.

TECHNIQUE. — Le filtrat sanguin désalbuminé est amené à un volume de 12 cm^3 5 avec H_2O distillée. On ajoute 0 cm^3 7 de la solution alcaline (sel de Seignette) et 0 cm^3 5 de la solution cuivrique. On porte trois minutes au bain-marie bouillant; on laisse refroidir. Le précipité rouge d'oxyde de cuivre gagne le fond du tube. Le liquide surnageant doit avoir conservé sa coloration bleue, sinon il y a trop de sucre réducteur pour la quantité de solution cuivrique employée, et il faut alors recommencer le dosage avec un volume moindre de solution sucrée.

Dissolution de l'oxydure. — On centrifuge trois à quatre minutes. Un précipité rouge vif, adhérent au fond du tube, permet une décantation très facile du liquide surnageant à l'aide du siphon. Verser sur le dépôt de l'eau distillée chaude destinée au lavage. Le tube est de nouveau soumis à la centrifugation. Décanter le liquide et verser immédiatement par petites portions et en agitant la liqueur ferrique employée en quantité suffisante (2 à 4 cm^3) pour dissoudre entièrement l'oxydure.

On obtient ainsi une liqueur verte par formation de sels ferreux provenant de l'action réductrice de Cu_2O sur le sulfate ferrique. Lorsque le dépôt d'oxydure est très abondant, opérer le dosage au MnO_4K sur une partie aliquote de la solution ferrique.

Titration. — On verse dans une micro-burette graduée de 5 cm³ divisée en 1/20 de cm³ la solution de MnO⁴K N/100 que l'on verse goutte à goutte dans la solution à titrer. Le liquide est versé d'abord rapidement, puis plus lentement, pendant qu'on agite après chaque affusion. Vers la fin de la réaction, la décoloration de la goutte ajoutée devient très lente; on laisse alors tomber II gouttes de la solution titrée. On agite et on observe sur une surface blanche. Le permanganate réoxyde le sel ferreux et la liqueur se décolore. Lorsque tout le sel ferreux a disparu, une seule goutte de MnO⁴K fait passer la couleur au rose. Cette coloration doit persister cinq à sept secondes. Les valeurs de sucre correspondant au nombre de cm³ de MnO⁴K N/100 utilisés figurent dans le tableau suivant (d'après MICHAELIS).

Cm ³ de MnO ⁴ K n/100.	Sucre en mg.	Cm ³ de MnO ⁴ K n/100.	Sucre en mg.
0,5	0,39	1,8	0,84
0,6	0,42	1,9	0,88
0,7	0,45	2	0,93
0,8	0,48	2,1	0,97
0,9	0,51	2,2	1,01
1	0,55	2,3	1,04
1,1	0,58	2,4	1,08
1,2	0,62	2,5	1,12
1,3	0,65	2,6	1,15
1,4	0,69	2,7	1,19
1,5	0,72	2,8	1,23
1,6	0,75	2,9	1,27
1,7	0,80	3	1,31

Cette méthode nous a donné de bons résultats pour le sang des Céphalopodes, d'abord fluoré puis désalbuminé par l'acide tungstique, qui contient du sucre réducteur en quantité notable; par contre, elle s'est montrée trop peu sensible pour les liquides contenant très peu de sucre réducteur (liquide cavitaires des Echinodermes).

Méthode de Baudouin-Lewin.

Cette méthode, qui présente l'avantage d'éliminer en grande partie, sinon en totalité, les substances réductrices non glucidiques, utilise la réduction d'une solution alcaline

d'iodomercurate par le sucre. Le mercure ainsi libéré est dosé par dissolution dans un excès d'une solution titrée d'iode et détermination de cet excès par une solution titrée de thiosulfate.

TECHNIQUE. — La désalbumination a lieu de la façon suivante : à 1 cm³ de sang ou à 1 cm³ de plasma fluoré, on ajoute 4 cm³ d'eau distillée, puis 1 cm³ de réactif nitromercurique. Après agitation, il se forme un coagulum qui s'épaissit. On ajoute 1 cm³ de solution normale pure d'hydroxyde de sodium. La majeure partie de l'excès de mercure est précipitée à l'état d'oxyde jaune. On ajoute de l'eau pour obtenir un volume total de 30 cm³. Le liquide limpide obtenu après filtration des albumines ne renferme que des traces de mercure; on peut effectuer le dosage de glucose sur 15 cm³ de filtrat. On ajoute alors 1 cm³ de solution de soude normale pure et 1 cm³ de la solution 3 iodo-mercurique, puis on chauffe le tout au bain-marie bouillant; après trois minutes, le mercure se sépare. Pour le doser, on ajoute 2 cm³ de la solution 4; il se dégage de l'iode qui transforme le métal en iodure mercurique. L'excès d'iode non utilisé est titré au moyen de thiosulfate de sodium centinormal, en présence d'empois d'amidon fraîchement préparé.

Solution 3 :

Iodure mercurique.....	3 g. 60.
Iodure de sodium desséché	12 g.
Eau distillée	q. s. p. 100 cm ³ .

Solution 4 :

Iodate de potasse pur.....	1 g. 783.
Acide sulfurique à 5 p. 100 (en vol.) q s. p.	1.000 cm ³ .

Soit « *n* » le nombre de centimètres cubes d'hyposulfite centinormal utilisé. La quantité de glucose contenu dans 1 cm³ de sang ou de plasma est donnée par la formule :

$$\frac{10 - n}{1,24}$$

Cette méthode, mise au point pour le dosage du sucre réducteur du sang de l'Homme, peut être appliquée telle quelle pour le sang des Invertébrés convenablement fluoré et

dont la glycémie est au-dessus de 20 mg. p. 100 cm³. Lorsqu'il n'en est pas ainsi, il y a avantage à opérer sur une prise plus forte (2 cm³ et même 4 cm³ au lieu de 1 cm³), ou encore, si l'on opère sur 1 cm³, à diluer seulement à 20 cm³ au lieu de 30 et à opérer sur la totalité du filtrat. On tiendra compte, bien entendu, dans le calcul, des modifications apportées à la prise d'essai.

CHAPITRE III

APPLICATION DE CES METHODES AU DOSAGE DU GLUCOSE DANS L'EAU DE MER

Depuis les travaux de L. FRÉDÉRICO, QUINTON, BOTAZZI, LEULIER et Mlle BERNARD, etc., on sait que la composition minérale du milieu intérieur des Invertébrés marins est très voisine de celle de l'eau de mer. D'autre part, les recherches antérieures aux nôtres ont montré que le milieu intérieur de certains Invertébrés marins renferme souvent très peu de sucre réducteur. Il importait donc, en premier lieu, de voir si les microméthodes qui viennent d'être décrites, et qui ont fait leurs preuves pour le dosage du glucose dans le sang des Vertébrés, étaient applicables au dosage du glucose dans les liquides cavitaires d'Invertébrés marins. Nous avons été conduit à faire des essais préliminaires consistant à doser de petites quantités de glucose dissous dans un volume relativement considérable d'eau de mer et dans le même volume d'eau distillée.

Pour faire ces essais, nous avons choisi la méthode de HAGEDORN et JENSEN à cause de sa sensibilité et de son caractère parfait de microméthode.

En premier lieu, nous nous sommes demandé si l'eau de mer seule n'apportait aucun élément minéral ou organique pouvant agir sur l'un ou l'autre des composés chimiques utilisés au cours du titrage selon HAGEDORN et JENSEN.

La réponse de l'expérience fut que l'eau de mer, malgré sa complexité, n'apportait aucun élément entrant en réaction avec le réactif oxydant titré de la méthode : c'est ainsi que nous avons toujours obtenu une auto-réduction égale à 0 cm³ 003 de ferricyanure N/200, que ce soit en présence d'eau de mer ou en présence d'eau distillée.

En possession de cette donnée, acquise par plusieurs résultats identiques successifs, nous avons alors cherché à retrouver le glucose dans l'eau de mer, comme nous l'avions fait pour des quantités croissantes de glucose dans l'eau distillée, lors de la vérification de la méthode elle-même.

Voici quels furent les résultats :

Glucose en sol. (mg.)	Milieu 12 cm ³	Glucose retrouvé en mg.
0,100	Eau distillée.	0,099
0,100	Eau de mer.	0,020
0,200	Eau distillée.	0,197
0,200	Eau de mer.	0,042
0,300	Eau distillée.	0,299
0,300	Eau de mer.	0,063

On ne retrouve donc plus les quantités de glucose mises en jeu lorsqu'on opère en présence d'eau de mer; mais, néanmoins, on remarque qu'on les retrouve suivant une proportion arithmétique.

Nous avons alors cherché à doser une même quantité de glucose, 0 mg. 100 par exemple, en présence de quantités croissantes d'eau de mer et obtenu les résultats suivants :

Glucose en sol. (mg.)	Milieu 12 cm ³	Glucose retrouvé en mg.
0,100	Eau distillée.	0,099
0,100	Eau de mer 12 cm ³ .	0,020
0,100	Eau de mer 4 cm ³ .	0,031
0,100	Eau de mer 2 cm ³ .	0,064
0,100	Eau de mer 1 cm ³ .	0,090

L'erreur est donc d'autant plus forte que la quantité d'eau de mer présente était plus forte. La cause de cette erreur était facile à déceler, puisque nous savons que l'eau de mer seule ne modifie pas le pouvoir oxydant du réactif titré. La diminution de la réduction du ferricyanure suivant les quantités d'eau de mer est due indirectement à une diminution de l'alcalinité du réactif titré, par suite de la précipitation des ions magnésium et calcium de l'eau de mer par le carbonate de sodium du réactif. L'analyse microcristalline du précipité formé nous a montré qu'il en était bien ainsi. Il s'ensuit une forte diminution de son pouvoir d'oxydation vis-à-vis du glucose, dont la présence n'est plus ainsi révélée,

en quantité équivalente, tout au moins, à celle réellement mise en jeu.

Pour vérifier ces considérations, il fallait :

- 1° soit effectuer les mêmes opérations que ci-dessus, en conservant au milieu de réduction un pH identique à celui fixé par HAGEDORN et JENSEN;
- 2° soit employer une alcalinité identique à celle fixée par HAGEDORN, mais différente en nature de l'alcalinité due au carbonate de sodium, afin qu'elle ne soit pas modifiée par la présence du magnésium et du calcium;
- 3° soit démontrer que dans l'eau de mer privée des ions Mg et Ca on retrouve quantitativement le glucose qu'elle renferme aussi aisément que le glucose dissous dans l'eau distillée.

Nous avons fait de nombreux essais suivant ces idées directrices. Nous avons essayé d'enlever à froid le Ca et le Mg de l'eau de mer par formation de phosphate ammoniaco-magnésien, d'oxalate de Ca, à l'aide de la liqueur de savon, de baryte ou de filtres au silico-aluminate de soude (genre permutite); nous nous sommes rangé finalement à la solution suivante, élégante et pratique, parce qu'elle ne nécessite pas la chaleur et qu'elle permet, en outre, la conservation des liquides organiques.

Il est possible, en effet, de précipiter intégralement et à froid le Ca et le Mg de l'eau de mer et des liquides cavitaires par le fluorure de sodium chimiquement pur et neutre à la dose de 1 g. 20 p. 100 cm³. Dans ces conditions, en effet, après filtration ou centrifugation, on retrouve intégralement tout le glucose en dissolution aussi aisément que s'il était dissous dans l'eau distillée, que le dosage soit fait par la méthode au ferricyanure, celle au cuivre, ou celle aux sels de mercure.

On prépare une solution faible de glucose dans l'eau de mer; elle est d'abord fluorée à la dose indiquée, puis on la défèque à l'hydrate de zinc comme un liquide cavitaire d'Invertébré marin. Centrifuger, laver à l'eau distillée le précipité d'hydrate d'oxyde de zinc et de fluorures insolubles.

Dans le liquide surnageant, on retrouve quantitativement tout le glucose mis en jeu, ainsi que le montre le tableau suivant :

	Glucose dissous (en mg.)	Milieu	Glucose retrouvé en mg.
	—	—	—
Méthode Hagedorn et Jensen	0,100	Eau distillée 12 cm ³ .	0,101
	0,100	Eau de mer 12 cm ³ .	0,101
Méthode Michaelis	1	Eau distillée 12 cm ³ .	1
	1	Eau de mer 12 cm ³ .	1

Ces recherches montrent, en outre, que pour pouvoir utiliser les tables des auteurs des méthodes de dosage par réductimétrie en milieu alcalin, il faut respecter intégralement les conditions d'alcalinité pour lesquelles ces tables ont été établies, la moindre variation entraînant des erreurs considérables.

En résumé, à l'aide de cette simple modification aux méthodes connues, mais qu'il est indispensable de leur faire subir, modification qui consiste à ajouter aux liquides du milieu intérieur de fluorure de sodium pur et neutre à la dose de 120 mg. pour 10 cm³, on peut doser avec précision le glucose dans l'eau de mer et dans les liquides cavitaires qui contiennent les mêmes sels que l'eau de mer.

Nous avons déjà attiré l'attention sur ce procédé dans une note présentée à la Société de biologie.

CHAPITRE IV

ETUDE ANALYTIQUE

I. — *Echinodermes.*

Nous avons déjà signalé que LANG et MACLEOD (1920), dans leur travail sur la présence de substances réductrices dans le liquide cavitare de quelques Invertébrés, ont recherché ces substances sans succès dans le liquide de l'Astérie (Starfish), par la méthode à l'acide picrique et par la méthode cuivrique après désalbumination par le fer colloïdal. Ils avaient, en outre, pris soin d'opérer sur une quantité notable de liquide qui avait été évaporé en milieu faiblement acide et repris ensuite plusieurs fois par l'alcool absolu. A la suite de ces résultats négatifs, ils ne tentèrent pas d'autres recherches sur la teneur en substances réductrices du liquide cavitare des Echinodermes.

A la même époque (1920), MYERS n'a pas signalé la présence de sucre dans le liquide cavitare du même Starfish (*Pisaster ochraceus*), alors qu'il a trouvé beaucoup de sucre réducteur (61 mg. par 100 cm³) dans le liquide cavitare de l'Oursin (*Strongylocentrotus francescanus*).

A l'aide de notre technique de dosage du glucose dans l'eau de mer, nous avons fait de nombreux dosages sur les liquides cavitaires d'Echinodermes. Nous nous sommes efforcé d'établir le pouvoir réducteur moyen de trois espèces les plus communes de ce groupe; à l'encontre des auteurs qui nous ont précédé, nous avons toujours constaté la présence de substances réductrices, mais, à vrai dire, en très petite quantité.

Dans ces conditions, il était intéressant de chercher à iden-

tifier les substances réductrices, et en particulier le glucose.

Nous avons fait des essais dans ce sens sur le liquide d'Astérie, à l'aide de la réaction microcristalline des osazones. Les résultats obtenus ont été incertains et la sensibilité de cette réaction étant relativement faible eu égard à la faible teneur en glucose des filtrats, nous n'avons pu obtenir à plusieurs reprises que des cristaux jaunes imparfaits, en petite quantité et impossibles à identifier. Vus au microscope, ils nous sont apparus sous forme d'aiguilles courtes, isolées et non pas réunies en magnifiques gerbes ou branches de genêts, qui caractérisent la glucosazone. Nous ne faisons que signaler ces essais infructueux, le travail d'identification reste à faire intégralement.

Asterias rubens. — L'Astérie, espèce très commune dans le Bassin d'Arcachon, que l'on peut se procurer à n'importe quelle période de l'année, est carnivore; elle se nourrit en particulier de Moules, d'Huîtres et d'Oursins.

Nos premières recherches ont été effectuées sur des animaux capturés le 28 septembre 1932 (n° 1), d'autres ont été faites en décembre 1932 (n° 2), en mars 1933 (n° 3), en avril 1933 (n° 4). Nous avons opéré sur les liquides fluorés immédiatement et utilisé la technique de HAGEDORN et JENSEN.

TABLEAU N° I

Astérie 47 : Moyenne de plusieurs dosages, 0 mg. 850 %
Astérie 48 : Moyenne de plusieurs dosages, 1 mg. 200 %

TABLEAU N° II

Astérie A : Moyenne de plusieurs dosages, 1 mg. 110 %
Astérie B : Moyenne de plusieurs dosages, 0 mg. 930 %

TABLEAU N° III

Astérie 84 : Moyenne de plusieurs dosages, 1 mg. 115 %
Astérie 85 : Moyenne de plusieurs dosages, 1 mg. 180 %

TABLEAU N° IV

Astérie A : Moyenne de plusieurs dosages, 0 mg. 960 %
Astérie B : Moyenne de plusieurs dosages, 1 mg. 300 %

Ces dosages, étant effectués toujours comparativement avec des témoins constitués par une solution contenant des traces connues de glucose dans l'eau de mer (1 mg. par 100 cm³), nous permettent de dire que le pouvoir réducteur du liquide cavitare d'Astérie exprimé en glucose est voisin de 1 mg. p. 100 cm³. Si l'on se rappelle que, d'après QUINTON, l'Astérie est ouverte anatomiquement et osmotiquement au milieu extérieur, ce résultat peut s'expliquer, la communication du liquide cavitare avec l'eau de mer extérieure ayant pour conséquence la diffusion constante vers le milieu extérieur des corps intermédiaires du métabolisme présents dans le milieu intérieur. Rappelons que, d'après les recherches de H. DELAUNAY, le liquide cavitare d'Astérie contient seulement des traces d'azote non protéique, d'ammoniaque et d'urée.

Strongylocentrotus lividus. — D'après les dosages effectués par nous-même, ou en collaboration avec Mme SOUTERBICO, le pouvoir réducteur du sang de l'Oursin est plus élevé que celui de l'Astérie; il oscille normalement entre 5 mg. 60 % et 8 mg. 80 % (HAGEDORN et JENSEN).

Lot n° 1 : Liquides cavitaires sans éléments figurés, 5 mg. 6 %	(A) 4 mg. 90.
	(B) 5 mg. 2.
	(C) 6 mg. 8.
Lot n° 2 : Liquides cavitaires sans éléments figurés, 8 mg. 80 %	(A) 9 mg. 3.
	(B) 8 mg. 1.
	(C) 9 mg. 1.

Holothuria tubulosa. — Le liquide cavitare, très abondant et de composition voisine de l'eau de mer, a un très faible pouvoir réducteur; il correspond, exprimé en glucose, à 2,5 mg. environ p. 100 cm³.

Septembre 1933 : *Holothuria* A, 2 mg. 10 %;

Septembre 1933 : *Holothuria* B, 2 mg. 60 %.

II. — *Vers*.

Le glycogène a fait l'objet de très nombreuses recherches chez les *Vers*, mais on ne sait, par contre, que très peu de chose sur la présence du glucose dans les liquides internes de ces êtres.

D'après DAMBOVICEANU le liquide cavitaire de Siponcle ne contiendrait pas de sucre réducteur. D'après KISH, au contraire, qui a utilisé la méthode de MAC LEAN, le liquide contiendrait de 10 à 25 mg. p. 100 cm³ exprimés en glucose. Voici les résultats de cet auteur (exprimés en mg. de glucose p. 100 cm³) :

Siponcles récemment pêchés (intestin plein) : 19, 21, 21.

Siponcles pêchés depuis plusieurs jours : 14, 13, 14, 10.

D'après KISH, le pouvoir réducteur ne baisse pas notablement à jeun. C'est ainsi que le pouvoir réducteur du sang d'un Siponcle capturé depuis deux jours était de 24 mg., et huit jours plus tard, l'animal étant resté à jeun, de 21 mg. L'auteur a ajouté que la « glycémie » du Siponcle serait du même ordre de grandeur que la glycémie de la Grenouille et des Poissons.

Arenicola piscatorum. — Il habite des tubes en U creusés dans le sable et tapissés de mucus; il se nourrit de petites proies en suspension dans l'eau. Son appareil digestif est des plus simples. Il se compose d'un tube sensiblement rectiligne présentant quelques renflements et qui s'étend d'un bout à l'autre du corps. Le liquide cavitaire est un liquide rose à reflet verdâtre et souvent mélangé avec un peu de sang, qui contient l'hémoglobine en dissolution dans le plasma; il doit sa couleur verte à de la chlorocruorine, substance albuminoïde voisine de l'hémoglobine.

Le liquide fluoré, comme il a été dit, a été désalbuminé à l'hydrate de zinc colloïdal à chaud. La titration a été faite suivant HAGEDORN et JENSEN. Il est assez riche en substances réductrices, car son pouvoir réducteur exprimé en glucose a été trouvé égal à 21 mg. 56 p. 100 cm³ (variations 14,3 à 27,6).

Sipunculus nudus L. — La vaste cavité cœlomique de ce Géphyrien renferme en abondance un liquide rougeâtre très riche en éléments figurés divers : hématies, amibocytes, vésicules énigmatiques, urnes ciliées, produits génitaux. Les hématies renferment de l'hémérythrine, pigment ferrugineux qui, en fixant l'oxygène de l'air, se colore en rouge

violacé. Le tube digestif, très long, généralement rempli de sable dont se nourrissent les Siponcles, forme de nombreuses circonvolutions dans la cavité centrale. Ces animaux n'ont pas d'hépatopancréas.

Le sang recueilli en présence de NaF pur et neutre, dans la proportion de 1 g. 20 pour 100 cm³, est centrifugé. Les hématies se déposent au fond du tube, puis les éléments blancs. Le plasma fluoré est décanté à l'aide d'un tube siphon. Nos dosages ont porté sur le plasma d'animaux capturés au début et à la fin du mois de mars. Le tableau suivant indique la moyenne des résultats obtenus :

10 mars : Entre 27 mg. 9 et 24 mg. 2 %.

Lot n° 1. Liquides cavitaires sans éléments figurés, 27 mg. 8 % $\left\{ \begin{array}{l} 26 \text{ mg.} \\ 29 \text{ mg. 6} \end{array} \right.$

Lot n° 2. Liquides cavitaires sans éléments figurés, 24 mg. 2 % $\left\{ \begin{array}{l} 23 \text{ mg. 9} \\ 24 \text{ mg. 5} \end{array} \right.$

28 mars : Entre 14 mg. et 20 mg. 6 %.

Lot A : 20 mg. 6 % $\left\{ \begin{array}{l} 13 \text{ mg. 2} \\ 23 \text{ mg. 1} \end{array} \right.$

Lot B : 14 mg. % $\left\{ \begin{array}{l} 5 \text{ mg. 15} \\ 23 \text{ mg.} \end{array} \right.$

III. — Crustacés décapodes.

DONNÉES ANTÉRIEURES. — Il nous suffira de les rappeler, car elles ont été déjà exposées au chapitre « Aperçu historique ». JOLYET et RÉGNARD sont les premiers auteurs qui ont déterminé la glycémie du Crabe tourteau. Ils ont donné un chiffre précis : 5 mg. p. 100 cm³.

R. S. LANG et MACLEOD ont fait des recherches plus complètes.

Ils ont trouvé :

40 mg. % pour la glycémie de *Cancer productus*, avec identification du glucose par son osazone;

70 mg. % pour la glycémie de *Cancer irrotatus*.

S. MORGULIS a donné une bonne étude d'ensemble sur la glycémie de quelques Crustacés. Il a particulièrement mis en évidence les variations du sucre réducteur du sang en rap-

port avec l'état de nutrition. Les résultats ont été déjà exposés (chap. II).

D'après ORR, qui a utilisé la méthode de MAC LEAN, la glycémie de *Cancer pagurus* est située vers 30 mg. et s'élève à 60 mg. au moment de la mue.

KISH, par la méthode de HAGEDORN et JENSEN, sans modification, a trouvé 12 mg. à 50 mg % comme chiffres limites de glycémie pour *Carcinus moenas* récemment capturé, et 1 à 10 mg. % chez les animaux à jeun depuis sept jours.

STOTT a trouvé des résultats irréguliers, avec des variations énormes suivant l'état de nutrition, que nous avons déjà signalés.

Enfin, Z. GRUZEWSKA n'a pas trouvé de sucre réducteur dans le sang des 5 espèces de Crustacés étudiés.

En résumé, il ressort des recherches bibliographiques exposées ci-dessus que la glycémie varie beaucoup chez les Crustacés, suivant l'état de nutrition, suivant l'espèce et suivant la mue.

Carcinus moenas. — Cet animal, très commun sur les côtes, se cache au moment de la mue dans les trous ou sous les algues et se tient immobile jusqu'à ce que son exosquelette soit partiellement durci. Très vorace, carnivore, ennemi redoutable de l'Huître, *Carcinus moenas* est attiré par les matières organiques en décomposition.

Le pouvoir réducteur exprimé en glucose du sang de *Carcinus moenas* a été étudié récemment par divers auteurs.

B. KISH (1929) a opéré avec la méthode de HAGEDORN et JENSEN sur 1 cm³. Il a donné les chiffres suivants (exprimés en mg. de glucose p. 100 cm³) :

34, 12, 50, 19, 19 (animaux récemment capturés);

10, 1, 6 (animaux à jeun depuis 8 jours).

Il estime que la glycémie est très variable, qu'elle baisse nettement dans le cas de jeûne prolongé (six à huit jours). Un Crabe, dont la glycémie s'était abaissée à 10 mg. après sept jours de jeûne, s'est élevée à 19 mg. après réalimentation.

STOTT (1932) a utilisé la méthode de MAC LEAN modifiée par

DE WESSELOW. La glycémie des Crabes à jeun (depuis au moins trente heures dans l'aquarium) s'est montrée basse [5 mg. (12 fois), 6 mg. (1 fois), 8 mg. (1 fois), sur 14 dosages]. La glycémie est plus élevée lorsque l'animal a été alimenté pendant quelques heures avant la prise de sang avec des Moules ou des Coquillages. Les chiffres suivants ont été obtenus : 25, 24, 10, 21, 19, 63, 69, 17, 15, 30, 46, 29, 26, 17 et 17.

L'auteur a signalé, en outre, que le sang des Crabes à carapace molle venant d'être pêchés contient très peu de sucre réducteur (moins de 4 mg. p. 100 cm³).

Nos dosages, effectués sur des animaux à carapace dure, récemment capturés, nous ont montré que la glycémie de ces êtres oscille le plus souvent entre 17 mg. et 30 mg. p. 100 cm³, mais avec des variations très grandes.

Maja squinado. — A notre connaissance, MORGULIS (1922) est le seul auteur qui a déterminé le taux de sucre réducteur du sang de l'Araignée de mer (*Spider crab labinia*). Il a donné les chiffres suivants (en mg. de glucose par 100 cm³):

Animaux récemment capturés : 45, 25, 27, 29, 26;

Animaux capturés depuis plusieurs jours : 43, 43.

Les valeurs que nous avons obtenues sont beaucoup plus faibles.

Les Araignées de mer dont nous avons étudié le sang ont été capturées au mois de septembre 1932 dans le Bassin d'Arcachon. Elles ont été saignées par section d'une patte et introduction d'une petite canule en verre à travers le sphincter, après autotomie.

Le milieu intérieur, fluoré dès son prélèvement dans la proportion de 1 g. 20 par 100 cm³, a été désalbuminé à chaud, par l'hydrate de zinc colloïdal. Les dosages, effectués selon HAGEDÖRN et JENSEN, nous ont permis de situer la glycémie normale de *Maja squinado* autour de 7 mg. % avec des variations allant de 3 mg. % à 11 mg. % :

Lot n° 1 (1^{er} sept. 1932) :

Maïa 37 : Carapace dure, 3 mg. 1 %;

Maïa 38 : Carapace dure, 5 mg. 4 %;

Maïa 36 : Carapace dure, 8 mg. %;

Maïa 35 : Carapace dure, 7 mg. %;

Lot n° 2 (15 sept. 1932) :

Maïa 24 : Carapace dure, 9 mg. %;

Maïa 29 : Carapace dure, 11 mg. 3 %.

Mme COURTOIS-DRILHON a signalé que pendant la mue la glycémie s'élevait beaucoup pour tomber ensuite rapidement à un chiffre très bas.

Cancer pagurus. — JOLIET et REGNARD (1878) ont les premiers fixé la glycémie du Crabe tourteau à 5 mg. p. 100 cm³. STOTT a donné les chiffres suivants :

Animaux à jeun : 4, 5, 5, 5 mg. p. 100 cm³;

Animaux alimentés depuis 1 à 9 heures : 5, 25, 23, 18, 34, 29.

Nos recherches faites sur des Crabes tourteaux à jeun, ayant séjourné longtemps en aquarium, ont montré que la glycémie oscille entre 4 et 10 mg.

Un fait qui semble se dégager de ces recherches, mais que nous ne signalons qu'à titre d'indication, car il mériterait une étude spéciale, est le suivant : la glycémie des gros Crustacés qui se déplacent lentement et semblent endormis (Araignée et Tourteau) est basse, inférieure à 10 mg., sauf au moment de la digestion, alors que la glycémie du petit Crabe, qui est très actif, semble plus élevée, même à jeun.

Un autre fait paraît établi, c'est l'élévation de sucre sanguin au moment de la mue, suivie d'une chute rapide après la mue (COURTOIS-DRILHON, ORR, STOTT).

IV. — *Mollusques*.

A. — *Lamellibranches*.

Gryphoea angulata.

Nos recherches ont été faites sur des animaux en bon état achetés à Bordeaux au mois de mars 1932. L'Huître ayant été ouverte, on recueille aussi complètement que possible le liquide intervalvulaire, qui nous a donné une réduction oscillant entre 0 mg. 60 et 1 mg. 85 p. 100 cm³.

L'hémolymph, recueillie par section du pied, a été soigneusement prélevée, fluorée et désalbuminée. Les dosages, effectués selon HAGEDORN et JENSEN, ont montré que le pouvoir

réducteur exprimé en glucose était situé entre 3 mg. 5 et 11 mg. 3 p. 100 cm³.

Liquide intervalvulaire :

0 mg. 6 p. 100 cm³;

1 mg. 22 p. 100 cm³;

1 mg. 85 p. 100 cm³.

Hémolymphe : 7 mg. 6 p. 100 cm³ (moyenne).

Huitre A, 6 mg. 5 p. 100 cm³;

Huitre B, 11 mg. 3;

Huitre C, 7 mg. 4;

Huitre D, 5 mg. 5.

B. — Céphalopodes.

a) *Sepia officinalis* et *Sepia filliouxii*.

La Seiche est un des Céphalopodes les plus communs de nos côtes. Elle se plaît surtout dans les prairies de zoostères et sur les fonds sableux ou vaseux; elle remonte souvent à fleur d'eau, où l'on peut la voir, lorsque la mer est calme, circuler lentement en quête de nourriture. Elle se nourrit presque exclusivement de Coquillages, de Crabes et de Crevettes. Nos recherches ont été faites sur deux espèces de Seiche : *Sepia filliouxii* et *Sepia officinalis*, que l'on pêche en abondance dans le Bassin d'Arcachon et dont les migrations ont été étudiées par L. CUÉNOT.

Sepia filliouxii pénètre dans le Bassin d'Arcachon en mars-avril; elle est prête à pondre et présente d'énormes glandes nidamentaires. *Sepia officinalis* entre dans le Bassin en juillet, août; elle retourne à l'Océan en octobre-novembre, où se fait la ponte.

Les Seiches sur lesquelles nous avons effectué nos recherches ont été capturées en juin-juillet (période de la ponte) et en septembre-octobre (en dehors de la ponte); les prélèvements ont été effectués sur le lieu même de la pêche, aussitôt après leur capture, les animaux étant presque tou-

jours en digestion; le sang fluoré et placé sous toluène a été examiné dès le retour au Laboratoire.

A notre connaissance, aucune recherche n'a encore été faite sur le taux du sucre réducteur du sang de la Seiche. Cette lacune méritait d'être comblée, car la Seiche a, comme tous les Céphalopodes, une vie de relation très active, qui laisse supposer que le glucose peut être utilisé comme matériel dynamogène. Les recherches récentes de Mlle CHAIGNE ont mis en évidence la présence du glycogène en petite quantité dans tous les organes, sans localisation particulière dans le foie et les muscles, comme chez les Vertébrés. Elles ont montré, en outre, qu'au moment de la ponte, le glycogène s'accumule dans les organes génitaux et est, vraisemblablement, utilisé comme élément plastique pour la formation des produits sexuels.

D'après nos dosages, le taux du sucre réducteur du sang de la Seiche est relativement fixe par rapport aux autres Invertébrés; il est compris entre 15 et 30 mg. p. 100 cm³, les valeurs les plus fréquemment observées étant voisines de 22 mg.

Voici quelques observations :

Date.	Méthode de dosage.	Glycémie (mg. p. 100 cm ³).	Observations.
Sept. 1933....	Baudouin-Lewin.	23	
	Michaelis-Bertrand.	22	
10 oct. 1933..	Baudouin-Lewin.	16,8	Mâle.
22 juin 1934..	Baudouin-Lewin.	25,0	Femelle œufs.
22 juin 1934..	Baudouin-Lewin.	16,0	Femelle œufs.

b) *Octopus vulgaris*.

Le Poulpe est un Invertébré très actif, qui se nourrit de Crabes, de Mollusques et de Poissons. Sa grande taille et son organisation anatomique bien différenciée en font un Invertébré de choix pour les études physiologiques et biologiques.

BIERRY et GIAJA ont, les premiers, déterminé la glycémie du Poulpe. Ils ont utilisé la méthode de BERTRAND. Le sang a

été recueilli à l'aide d'une canule introduite dans l'aorte dorsale et immédiatement mélangé avec son volume d'une solution de NaF à 2 p. 100 diluée, puis traité au nitrate mercurique. En opérant sur 160 cm³ de sang provenant de 35 Poulpes, ils ont trouvé 32 mg. de sucre exprimé en glucose pour 100 cm³.

GOMPEL et Victor HENRI (1906) ont signalé qu'après injection intraveineuse de glucose dans l'eau de mer, le glucose apparaît en quantité notable dans l'urine du Poulpe. André MAYER a repris ces expériences et montré que, trois heures après injection de 3 g. de glucose dissous dans 12 cm³ d'eau, le sang contient moins de 50 mg. p. 100 cm³, alors que l'urine contenait 600 mg. p. 100 cm³. Le corps fungiforme, ou rein des Céphalopodes, intervient activement pour le maintien de la concentration moléculaire du sang. Il semble, d'autre part, que la tolérance du Poulpe vis-à-vis du glucose soit faible.

Nos recherches ont été faites sur du sang recueilli à l'aide d'une canule introduite dans l'aorte dorsale, après immobilisation de l'animal, ou mieux après anesthésie au sulfate de magnésium. Dans ce but, l'animal est placé dans un grand bocal contenant 2 litres d'eau de mer dans laquelle on a fait dissoudre 80 g. de SO⁴Mg; l'anesthésie est complète après quinze à vingt minutes. Les animaux opérés avaient été conservés dans les bassins et étaient à jeun.

Nos résultats font l'objet du tableau qui suit :

Date.	Méthode de dosage.	Glucose en mg. p. 100.	Observations.
1932	Hagedorn et Jensen.	17,8 31,8 20,8 29,0 26,0 30,0	
Oct. 1933	Baudouin-Lewin.	43,5	
	Baudouin-Lewin.	35,0	
	Michaelis Bertrand.	32,0	
	Baudouin-Lewin.	23,1	Anesthésie au SO ⁴ Mg.
	Hagedorn et Jensen.	22,2	

C. — Gastéropodes.

KISH a étudié, à l'aide de la méthode de HAGEDORN et JENSEN, le taux du sucre réducteur du liquide cavitaire de l'Aplysie.

Voici ses résultats exprimés en glucose (mg.) pour 100 cm³ de liquide :

Animaux à jeun : 0, 0, 0, 6, 0, 3, 4;

Animaux en digestion : 4, 5, 2, 4, 7, 5.

D'après cet auteur, on ne trouve que des traces de sucre réducteur dans le liquide cavitaire de l'Aplysie. Il ne pense pas cependant que le sang ne renferme pas de glucides, car il a constaté, après hydrolyse du sang en milieu acide (HCl 0,2 p. 100) à 80° pendant trente minutes, la formation de sucre réducteur en quantité notable (5 à 35 mg.).

Nos résultats ne concordent pas avec ceux de KISH, car nous avons constamment observé la présence de sucre réducteur en quantité faible, mais aisément dosable, dans le liquide cavitaire.

Deux espèces d'Aplysie viennent séjourner dans le Bassin d'Arcachon : *Aplysia punctata*, que l'on trouve au printemps, et la gigantesque *Aplysia fasciata*, que l'on trouve surtout en automne. Le milieu intérieur, très abondant, a été recueilli par ponction au trocart de la cavité génitale, immédiatement fluoré et désalbuminé selon la technique déjà exposée. Nous avons toujours obtenu une réduction nette aussi bien par les méthodes au cuivre que par les méthodes au ferricyanure :

Liquide cavitaire :

N° 14....	12 mg. 4	} p. 100 cm ³ (HAGEDORN et JENSEN).
N° 15....	28 mg. 6	
N° 16....	12 mg. 4	
N° 17....	13 mg. 0	
N° 18....	13 mg. 3	
N° 19....	16 mg. 4	
N° 20....	17 mg. 6	
N° 21....	13 mg. 2	
N° 22....	15 mg. 3	

Voici d'autres résultats, obtenus plus récemment, en collaboration avec Mme SOUTERBICQ, qui montrent bien la concordance satisfaisante des méthodes de dosage.

Date.	Méthode de dosage.	Glycémie (en mg. de glucose p. 100 cm ³).	Observations.
		—	
Oct. 1933	Baudouin-Lewin.	8,0	
	Michaelis-Bertrand.	7,6	
Oct. 1933	Baudouin-Lewin.	22,1	<i>Aplysia punctata</i> fin digestion.
	Michaelis-Bertrand.	24,6	
Oct. 1934	Baudouin-Lewin.	10,8	<i>Aplysia fasciata</i> en digestion.
	Hagedorn et Jensen.	13,4	
Oct. 1934	Baudouin-Lewin.	13,4	
	Hagedorn et Jensen.	15,7	

En outre, nous avons observé que le liquide gastrique de ces animaux s'est montré très riche en substance réductrice. Les Aphysies s'alimentant surtout avec des substances riches en pentosanes, il est possible que le pouvoir réducteur ne soit pas dû au glucose, mais à des pentoses.

RESUME ET CONCLUSIONS

Nos recherches ont eu pour but de déterminer le pouvoir réducteur des liquides cavitaires et du sang des Invertébrés à l'aide des microméthodes utilisées pour le dosage du taux du glucose dans le sang des Vertébrés (méthodes de HAGEDORN et JENSEN, BAUDOUIN et LEWIN, de BERTRAND, modifiée par MICHAELIS). Des essais préliminaires nous ont montré que ces méthodes ne peuvent être utilisées telles quelles, par suite de la présence dans les liquides cavitaires de sels minéraux qui gênent le dosage et faussent les résultats. Ces sels étant sensiblement les mêmes que ceux que l'on trouve dans l'eau de mer, nous avons fait une série de recherches dont l'idée directrice a été la suivante : faire subir à l'eau de mer un traitement préalable afin de retrouver quantitativement, à l'aide des microméthodes, une très petite quantité de glucose (0,1 à 1 mg.) dissoute dans l'eau de mer (10 cm³).

Après diverses tentatives infructueuses, nous avons obtenu de bons résultats en ajoutant à l'eau de mer, à froid du fluorure de Na pur et neutre en quantité suffisante pour précipiter Ca et Mg (120 mg. p. 10 cm³). Le liquide filtré se prête très bien à la détermination quantitative du glucose par les microméthodes. L'addition du fluorure de NaF a, en outre, l'avantage d'empêcher la glycolyse.

Le sang et les liquides cavitaires ont été récoltés à la Station biologique d'Arcachon, sur des animaux bien vivants

qui ont été saignés, le plus souvent, aussitôt après leur capture; ils ont été immédiatement fluorés et additionnés de toluène afin d'assurer leur conservation.

Nous avons utilisé les méthodes de HAGEDORN et JENSEN, de BAUDOUIN et LEWIN, de BERTRAND, modifiée par MICHAELIS, pour déterminer le pouvoir réducteur, qui a été exprimé en milligrammes de glucose pour 100 cm³. Le tableau qui suit donne une vue d'ensemble des résultats que nous avons obtenus :

Espèce animale.	Glucose en mg. p. 100 cm ³	
	Chiffres limites	Chiffre moyen
<i>Asterias rubens</i>	0.85- 1.30	1.02
<i>Strongylocentrotus lividus</i>	4.90- 9.10	7.00
<i>Holothuria tubulosa</i>	2.10- 2.60	2.5
<i>Sipunculus nudus</i>	5.15-29.6	17.37
<i>Arenicola piscatorum</i>	14.3 -27.6	21.56
<i>Maja squinado</i>	3.10-11.30	7.30
<i>Cancer pagurus</i>	4.00-10.00	7.00
<i>Carcinus moenas</i>	17.00-30.00	23.5
<i>Gryphoea angulata</i>	5.50-11.30	7.62
<i>Sepia officinalis</i>	15.00-30.00	22.00
<i>Octopus vulgaris</i>	17.8 -43.5	28.3
<i>Aplysia punctata</i>	12.40-18.60	14.10

On trouvera, d'autre part, dans notre travail, l'exposé des résultats obtenus par nos devanciers, dont certains ne concordent pas avec les nôtres.

Dans l'ensemble, il apparaît que la glycémie est, en général, faible et instable chez les Invertébrés marins. Le liquide cavitaires des Invertébrés inférieurs (Echinodermes) ne contient que des traces de substances réductrices. La glycémie des gros Crustacés décapodes, qui sont peu actifs (Araignée de mer, Crabe tourteau), est plus faible que celle des Crabes, qui sont beaucoup plus actifs.

Parmi les Invertébrés marins que nous avons étudiés, les Céphalopodes se distinguent par une glycémie relativement plus élevée (surtout le Poulpe), et plus stable que celle des autres Invertébrés.

Nos recherches laissent supposer que chez les Invertébrés, comme chez les Vertébrés, le glucose des liquides du milieu intérieur est utilisé comme source d'énergie, puisque les Invertébrés les plus actifs ont, en général, plus de sucre dans leur sang que les autres Invertébrés, mais nous ne faisons que signaler cette hypothèse, des recherches plus étendues étant nécessaires pour conclure.

VU : *Le Doyen,*

PIERRE MAURIAC.

VU, BON A IMPRIMER :

Le Président,

H. DELAUNAY.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Bordeaux, le 20 juillet 1933.

Le Recteur de l'Académie,

A. TERRACHER.

BIBLIOGRAPHIE

- BAUDOUIN (A.). — Le dosage des matières réductrices du sang. *Bull. Soc. Chim. biol.*, X, 1928.
- BERNARD (Claude). — Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux. 2 vol., 1878-1879, J.-B. Baillière.
- BERTHOUMEYROUX (J.-G.). — Microdosage du glucose dans l'eau de mer. *C. R. Soc. biol.*, t. CXVI, 1934.
- BERTHOUMEYROUX (J.-G.) et Mme SOUTERBICQ. — Sur la glycémie de quelques Invertébrés marins. *C. R. Soc. biol.*, t. CXVI, 1934.
- BIALASZEWICZ (K.). — Contribution à l'étude de la composition minérale des liquides nourriciers chez les animaux marins. *Arch. intern. de Physiol.*, XXXVI, 1933.
- BIERRY (H.) et FANDARD. — *C. R. Ac. Sciences*, CLIV, 1912.
- BIERRY et GIAJA. — Dosage du sucre du sang chez le Poulpe (*Octopus vulgaris*). *C. R. Soc. biol.*, LXIV, 1909.
- BOUTAN. — Zoologie descriptive. 2 vol., O. Doin, éditeur, Paris, 1900.
- CHAIGNE (Mlle M.). — Recherches biochimiques sur le glycogène des Invertébrés. Thèse Doct. Pharmacie, Bordeaux, 1933-1934, et *Bull. Stat. biol. Arcachon*, XXXI, 1934.
- CORI (C.-F.) et CORI (G.-T.). — Carbohydrate Metabolism. *Ann. Review of Biochem.*, II, 1933.
- CUÉNOT (L.). — Contribution à la faune du Bassin d'Arcachon. *Bull. de la Station biologique d'Arcachon*, t. XXIV, 1927.
- DAMBOVICEANU (A.). — Détermination de certains constituants du plasma de *Sipunculus nudus* au cours de l'immunisation. *C. R. Soc. biol.*, XCV, 1926.
- DELAUNAY (H.). — Recherches biochimiques sur l'excrétion azotée des Invertébrés. Thèse Doct. Sc. nat., Paris, 1927-1928.
- La glycémie, étude physico-chimique. *Biologie médicale*, XXIII, 1933.
- L'équilibre glycémique. *Ibid.*, XXIV, 1934.

- DRILHON (Mme A.). — Le glucose et la mue des Crustacés. *C. R. Ac. Sc.*, CXCVI, 1933.
- FRÉDÉRICQ (L.). — Physiologie du Poulpe commun. *Archiv. Zool. experim. et gén.*, t. VII, 1878, p. 539.
- GOMPEL et HENRI (V.). — Etude de la sécrétion urinaire chez le Poulpe. *C. R. Soc. biol.*, LX, 1906.
- GRUZEWSKA (Z.). — La lipase et l'amylase dans le sang de quelques Crustacés. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXCV, 1932.
- HAGEDORN et JENSEN. — Zur Mikrobestimmung des Blutzuckers mittels Ferricyanid. *Bioch. Zeitschr.*, CXXXV, 1923.
- HEMMINGSSEN (A. M.). — The blood sugar of some Invertebrates. *Skand. Archiv. f. Physiol.*, XLV, 204, 1924.
- Blood sugar in the crayfish. *Ibid.*, XLVI, 1924.
- JOLYET et REGNARD. — Recherches sur la respiration des animaux aquatiques. *Archiv. de Physiol.*, IV, 1877.
- KILBORN (L. G.) and MACLEOD (J. J. R.). — Observations on the glycogen content of certain Invertebrates and Fishes. *Quart. Journ. of exper. Physiol.*, t. XII, p. 317, 1920.
- KISH (B.). — Der gehalt des Blutes einiger Wirbelloser an reduzierenden Substanzen. *Bioch. Zeitschr.*, t. CCXI, 1929.
- LANG (R. S.) and MACLEOD (J. J. R.). — Observations on the reducing substance in the circulating fluids of certain Invertebrates and Fishes. *Quarterly Journ. of exp. Physiol.*, XII, 1920.
- LEULIER (A.) et BERNARD (Mlle A.). — Sur le dosage des métaux alcalins dans l'eau de mer et le milieu intérieur de quelques Invertébrés marins. *Bull. Soc. Chim. biol.*, XIII, 1931.
- MACLEOD (J. J. R.). — The sugar of the blood. *Physiol. Reviews*, I, 1921.
- MACALLUM (A. B.). — Paleochemistry of body fluids and tissues. *Physiol. Rev.*, VI, 1926.
- MACLEAN (H.) et WESSELOW (DE). — *Quart. Journ. of med.*, XIV, 1920.
- MAYER (A.). — Etude sur les éliminations provoquées chez le Poulpe (*Octopus vulgaris*). *C. R. Soc. biol.*, LX, 1906.
- MACLEAN (H.). — *Biochem. Journal*, t. XIII, p. 135, 1919.
- MORGULIS (S.). — The non protein constituents in blood of some marine Invertebrates. *J. biol. Chem.*, L, 1922, proc. LII et LIV.
- A study of the blood of the crawfish, *Palinurus argus*, with special reference to the absence of creatinine in Arthropod blood. *J. biol. Chem.*, LV, 1923, proc. XXXVI.

- MORGULIS. — The effect of injections of various substances upon the blood composition of the tortugas crawfish, *Palinurus Argus*. *Ibid.*, proc. XXXIV.
- MICHAELIS (L.). — Eine Mikroanalyse des Zuckers im Blut. *Biochem. Zeitsh.*, LIX, 1914.
- MYERS (R. G.). — Blood of Invertebrates. *J. biol. Chem.*, XLI, 1920.
- ORR (A. P.). — *Scottish marine biological Assoc. Report*, 1923-1924, p. 12.
- PICARD (P.). — Observations sur la glycogénie chez un certain nombre d'animaux marins. *C. R. Soc. biol.*, 14 novembre 1874, p. 353, et *Gazette médicale de Paris*, p. 168, 1874.
- STOTT (V. C.). — Einige vorläufige Versuche über Veränderungen des Blutzuckers. bei Dekapoden. *Biochem. Zeit.*, CCXLVIII, 1932.
- WITTEN (E. P.). — Northumberland sea fisheries. *Report of fisher scientific investigations*, 1903, p. 53.

